

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **167 531** (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК

[B25J 9/16 \(2006.01\)](#)  
[B25J 5/00 \(2006.01\)](#)  
[B25J 13/00 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса):  
17.07.2017)  
Пошлина: учтена за 1 год с 15.10.2015 по 15.10.2016

(21)(22) Заявка: [2015144474](#), 15.10.2015(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.10.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.10.2015

(45) Опубликовано: [10.01.2017](#) Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2487007 C1, 10.07.2013. RU  
2241595 C1, 10.12.2004. RU 2185279 C1,  
20.07.2002. US 4932831 A, 12.06.1990.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
УрФУ, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Либерман Яков Львович (RU),  
Овчинникова Валентина Андреевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

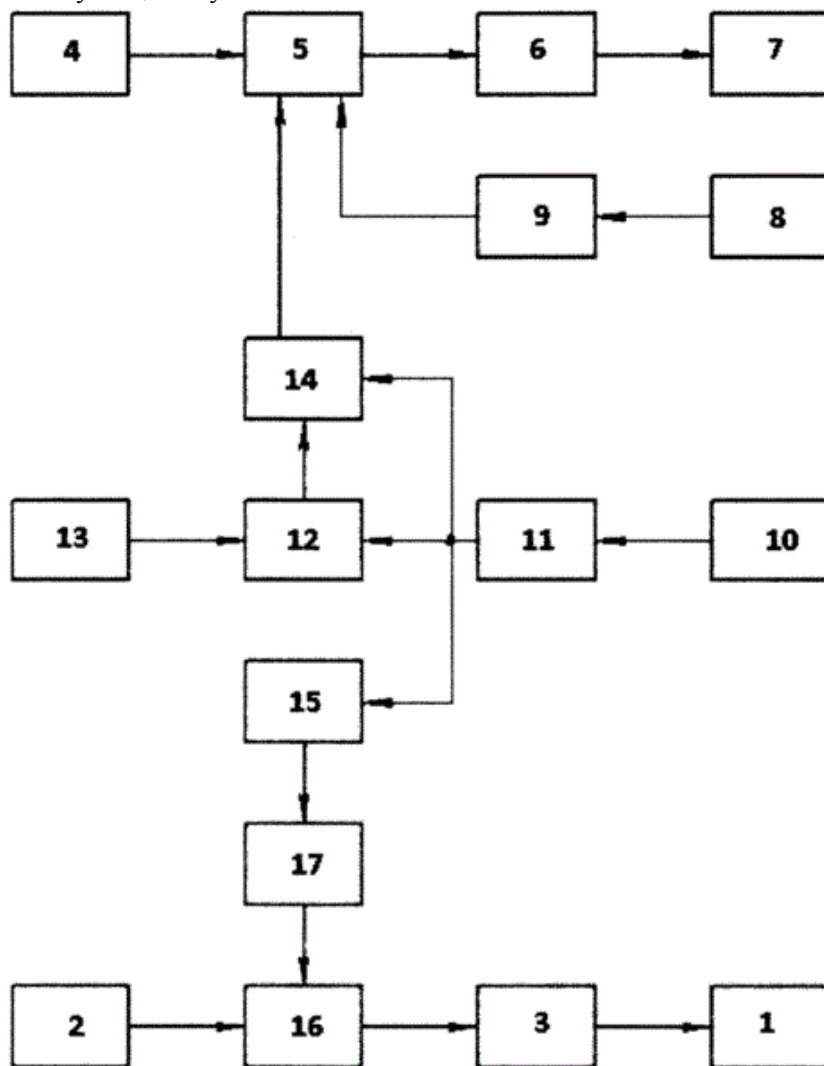
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)

## (54) МОБИЛЬНЫЙ НАЗЕМНЫЙ РОБОТ

(57) Реферат:

В заявке предлагается мобильный наземный робот, содержащий корпус с приводом перемещения, блок задания скорости движения, блок регулирования скорости, выход которого связан с приводом перемещения, цифровой блок задания траектории движения, цифровой блок коррекции траектории, первый вход которого соединен с блоком задания траектории, цифровой блок управления траекторией, вход которого соединен с выходом блока коррекции траектории, механизм рулевого управления, соединенный с выходом блока управления траекторией, первый сканирующий дальномер, закрепленный горизонтально на корпусе робота, и блок формирования цифровых моделей препятствий движению робота, выступающих над поверхностью движения, вход которого соединен с выходом первого дальномер, а выход связан со вторым входом блока коррекции. Отличительной особенностью робота является то, что он снабжен вторым сканирующим дальномером, закрепленным на корпусе робота с наклоном 25-35 градусов относительно опорной плоскости робота, блоком формирования цифровых моделей дефектов поверхности движения робота, вход которого соединен с выходом второго дальномер, блоком обнаружения моделей непроходимых дефектов, первый вход которого соединен с выходом блока формирования моделей дефектов, блоком задания границы между моделями непроходимых и проходимых дефектов, соединенным со вторым входом блока

обнаружения непроходимых дефектов, ключевой схемой, информационный вход которой соединен с выходом блока формирования моделей дефектов, а управляющий вход связан с выходом блока обнаружения моделей непроходимых дефектов, блоком цифро-аналогового преобразования, вход которого соединен с выходом блока формирования моделей дефектов, аналоговым блоком деления сигналов, первый вход которого, предназначенный для ввода делимого, соединен с блоком задания скорости, второй вход, предназначенный для ввода делителя, соединен с выходом блока цифро-аналогового преобразования, а выход подключен ко входу блока регулирования скорости, причем блок коррекции траектории выполнен трехвходовым, выход ключевой схемы связан с его третьим входом и соединение выхода блока цифро-аналогового преобразования со вторым входом блока деления выполнено через адаптер. Технический результат предложения состоит в том, что робот при движении обходит препятствия и непроходимые дефекты поверхности перемещения, а так же изменяет скорость в зависимости от характера дефектов. Все это увеличивает его эксплуатационную надежность.



Предлагаемая полезная модель относится к области робототехники и может быть использована для транспортировки грузов по поверхности с выступающими над ней препятствиями и дефектами типа ям и неровностей.

В настоящее время мобильные наземные роботы, аналогичные предлагаемому, известны. К ним относится, в частности, робот «Варан», описанный в публикации «МРК «Варан» [Электронный ресурс] // Новости ВПР. - Режим доступа: [http://niism.bmstu.zu/otdelyi-nii-sm/sm4-6/mrk-"varan"](http://niism.bmstu.zu/otdelyi-nii-sm/sm4-6/mrk-)». Он включает в себя корпус с приводом перемещения, управляемый по радиоканалу или кабельной линии, и видеокамеру, передающую оператору информацию о препятствиях и других объектах, встречающихся на пути движения робота.

Робот-аналог довольно прост, однако его применение эффективно только при высокой квалификации оператора. В противном случае он свои функции выполняет лишь частично - при в его движении может произойти сбой, обусловленный утыканием в препятствие, если оператор его не заметит, неправильно выбранной тактикой обхода препятствия и т.п. Более надежны автономные мобильные роботы,

действие которых происходит без участия оператора. Такие роботы снабжены блоками восприятия и цифровой обработки информации с помощью автоматических вычислительных устройств, способных корректировать траекторию движения оптимально и соответствующим образом управлять приводом перемещения робот. К таким роботам относится, например, автономный автомобильный робот «Адаптрон-1», описанный в книге «А.В. Тимофеев. Адаптивные робототехнические комплексы. - Л. Машиностроение, 1988» на странице 196, принятый нами за прототип.

Указанный мобильный наземный робот, содержит корпус с приводом перемещения, блок задания скорости движения, блок регулирования скорости, вход которого соединен с блоком задания скорости, а выход - с приводом перемещения, цифровой блок задания траектории движения, цифровой блок коррекции траектории, первый вход которого соединен с блоком задания траектории, цифровой блок управления траекторией, вход которого соединен с выходом блока коррекции траектории, механизм рулевого управления, соединенный с выходом блока управления траекторией, сканирующий дальномер, закрепленный горизонтально на корпусе робота, и блок формирования цифровых моделей препятствий движению робота, выступающих над поверхностью движения, вход которого соединен с выходом дальномера, а выход связан со вторым входом блока коррекции.

Действует робот-прототип следующим образом. Вначале с помощью цифрового блока задания траектории движения роботу программируется требуемая траектория. После этого с помощью блока задания скорости движения блок регулирования скорости формирует сигнал, заставляющий привод робота работать с заданной скоростью, и робот начинает перемещаться по запрограммированной траектории. Сканирующий дальномер, закрепленный горизонтально на корпусе робота, производит обзор пространства перед роботом и передает информацию в блок формирования цифровых моделей препятствий движению робота. Этот блок работает в соответствии с общеизвестным алгоритмом, например, описанными в книге «Системы осязания и адаптивные промышленные роботы / В.Б. Брагин, Ю.Г. Волков, Ю.Д. Шаботинский и др. - М: Машиностроения. 1985» на стр. 115-120, и выдает массив цифровых данных, характеризующих размеры и расположение препятствий. Указанный массив поступает в блок коррекции траектории, который также по общеизвестной логике аддитивно корректирует первоначально заданную программу (например, увеличивает или уменьшает угловую координату движения). Сигнал от блока коррекции, поступая на механизм рулевого управления, заставляет робот изменить направление, обойти препятствие и двигаться дальше.

Работа прототипа осуществляется автоматически, без участия оператора. Поэтому отказов, подобных возможным при эксплуатации аналога, в данном случае не будет. Тем более, что алгоритмы функционирования блока формирования цифровых моделей препятствий, существующие сегодня, учитывают практически полное множество размеров, конфигураций и пространственных положений реально встречающихся препятствий (см., например, работу «Лисицкий Д.Л. Разработка алгоритмов управления движением автономных мобильных роботов / Канд. диссертация - Саратов. 2012»). Вместе с тем, робот-прототип действует не всегда достаточно надежно. Особенно это проявляется при его использовании на произвольно выбранной поверхности. Может оказаться, что в таком случае есть не только препятствия, выступающие над поверхностью, но и дефекты поверхности типа ям, больших углублений и неровностей. Горизонтально закрепленный дальномер их не «видит», а потому робот может попасть в яму и застрять, что, по существу, с точки зрения теории надежности, есть своеобразный отказ. Кроме того, неровности и им подобные дефекты поверхности при движении робота вызывают нежелательные динамические воздействия на элементы его ходовой части (удары, нагрузки с большой амплитудой и т.п.), а они могут привести к поломкам или нарушению регулировки соответствующих механизмов, также являющимися отказами.

В связи с изложенным, задачей разработки предлагаемой полезной модели являлось дальнейшее повышение надежности мобильного наземного робота, что принципиально можно обеспечить установкой дополнительного сканирующего дальномера, способного «видеть» дефекты поверхности, а также применением блоков, позволяющих обходить непроходимые дефекты подобно препятствиям и управлять скоростью движения робота в зависимости от степени проходимости дефектов.

Технически решение поставленной задачи достигается тем, что мобильный наземный робот, содержащий корпус с приводом перемещения, блок задания скорости движения, блок регулирования скорости, выход которого связан с приводом перемещения, цифровой блок задания траектории движения, цифровой блок

коррекции траектории, первый вход которого соединен с блоком задания траектории, цифровой блок управления траекторией, вход которого соединен с выходом блока коррекции траектории, механизм рулевого управления, соединенный с выходом блока управления траекторией, первый сканирующий дальномер, закрепленный горизонтально на корпусе робота, и блок формирования цифровых моделей препятствий движению робота, выступающих над поверхностью движения, вход которого соединен с выходом первого дальномера, а выход связан со вторым входом блока коррекции, отличается от прототипа тем, что он снабжен вторым сканирующим дальномером, закрепленным на корпусе робота с наклоном 25-35 градусов относительно опорной плоскости робота, блоком формирования цифровых моделей дефектов поверхности движения робота, вход которого соединен с выходом второго дальномера, блоком обнаружения моделей непроходимых дефектов, первый вход которого соединен с выходом блока формирования моделей дефектов, блоком задания границы между моделями непроходимых и проходимых дефектов, соединенным со вторым входом блока обнаружения непроходимых дефектов, ключевой схемой, информационный вход которой соединен с выходом блока формирования моделей дефектов, а управляющий вход связан с выходом блока обнаружения моделей непроходимых дефектов, блоком цифро-аналогового преобразования, вход которого соединен с выходом блока формирования моделей дефектов, аналоговым блоком деления сигналов, первый вход которого, предназначенный для ввода делимого, соединен с блоком задания скорости, второй вход, предназначенный для ввода делителя, соединен с выходом блока цифро-аналогового преобразования, а выход подключен ко входу блока регулирования скорости, причем блок коррекции траектории выполнен трехвходовым, выход ключевой схемы связан с его третьим входом и соединение выхода блока цифро-аналогового преобразования со вторым входом блока деления выполнено через адаптер.

Схема предлагаемого робота приведена на фиг. 1. Он включает в себя корпус с приводом перемещения 1, блок задания скорости движения 2, блок регулирования скорости 3, выход которого связан с приводом перемещения 1, цифровой блок задания траектории движения 4, цифровой блок коррекции траектории 5, первый вход которого соединен с блоком задания траектории 4, цифровой блок управления траекторией 6, вход которого соединен с выходом блока коррекции траектории 5, механизм рулевого управления 7, соединенный с выходом блока управления траекторией 6, первый сканирующий дальномер 8, закрепленный горизонтально на корпусе робота, и блок формирования цифровых моделей препятствий движению робота 9, выступающих над поверхностью движения, вход которого соединен с выходом первого дальномера 8, а выход связан со вторым входом блока коррекции 5. Кроме того, робот снабжен вторым сканирующим дальномером 10, закрепленным на корпусе робота с наклоном 25-35 градусов относительно опорной плоскости робота, блоком формирования цифровых моделей дефектов поверхности движения робота 11, вход которого соединен с выходом второго дальномера 10, блоком обнаружения моделей непроходимых дефектов 12, первый вход которого соединен с выходом блока формирования моделей дефектов 11, блоком задания границы между моделями непроходимых и проходимых дефектов 13, соединенным со вторым входом блока обнаружения непроходимых дефектов, ключевой схемой 14, информационный вход которой соединен с выходом блока формирования моделей дефектов 11, а управляющий вход связан с выходом блока обнаружения моделей непроходимых дефектов 12, блоком цифро-аналогового преобразования 15, вход которого соединен с выходом блока формирования моделей дефектов 11, аналоговым блоком деления сигналов 16, первый вход которого, предназначенный для ввода делимого, соединен с блоком задания скорости 2, второй вход, предназначенный для ввода делителя, соединен с выходом блока цифро-аналогового преобразования 15, а выход подключен ко входу блока регулирования скорости 3, причем блок коррекции траектории 5 выполнен трехвходовым, выход ключевой схемы 14 связан с его третьим входом и соединение выхода блока цифро-аналогового преобразования 15 со вторым входом блока деления 16 выполнено через адаптер 17. Последний представляет собой нелинейный функциональный преобразователь построенный известными или иными методами (см «Справочник по средствам автоматизации / под ред. В.Э. Низэ и И.В. Антика. - М.: Энергоатомиздат, 1983»), выходной сигнал которого описывается априорно найденным расчетно или экспериментально функционалом

$$R=k \cdot F\{f(s)\}, (*)$$

где  $k$  - масштабный коэффициент,  $s$  - текущий параметр дефекта поверхности,  $f(s)$  - функция, описывающая динамику нагрузки на ходовую часть робота и входной сигнал адаптера,  $F\{f(s)\}$  - зависимость выходного сигнала адаптера от входного. Блок

формирования моделей дефектов 11 построен аналогично блоку формирования моделей препятствий 9 и оба они реализуют алгоритмы, приведенные в уже упоминавшийся книге «Системы осязания и адаптивные промышленные роботы...», а блок 13 задания границы между моделями непроходимых и проходимых дефектов выполнен в виде задатчика коэффициента проходимости, описанного в уже упоминавшейся диссертации Д.Л. Лисицкого.

Перед использованием предлагаемого робота, исходя из соотношения его габаритных размеров и возможных размеров дефектов поверхности, по которой предстоит двигаться роботу, определяют границу между моделями проходимых и непроходимых дефектов и с помощью блока 13 вводят полученный результат в блок 12. С помощью блока 4 задают требуемую траекторию движения робота, а с помощью блока 2 - скорость.

Далее происходит следующее. Сигнал от блока 2 проходит через блок 16 и заставляет блок регулирования 3 запустить привод перемещения робота 1. Робот начинает двигаться по траектории, заданной блоком 4. Дальномер 8 производит обзор пространства перед роботом, а блок 9 формирует цифровую модель препятствий, выступающих над поверхностью движения, и вводит их в блок коррекции траектории 5. Он корректирует программу и передает ее в скорректированном виде в блок 6 управления траекторией, а тот, в свою очередь, воздействует на механизм рулевого управления 7, заставляя робот обходить препятствия. Если на пути движения робота встречаются дефекты поверхности, то наклонный дальномер 10 их обнаруживает и заставляет блок 11 сформировать их цифровые модели. Блок цифро-аналогового преобразования 15 преобразует их в напряжение, которое после преобразования адаптером 17 поступает в блок деления 16 и масштабирует сигнал, поступающий от блока задания скорости 2. Регулятор 3, реагируя на масштабирование входного сигнала, уменьшает или увеличивает скорость привода 1. Поскольку адаптер 17 функционирует по закону (\*), скорость движения робота изменяется в соответствии с дефектами поверхности, обнаруживаемыми дальномером 10.

Описанным образом робот действует при появлении на его пути любых препятствий и дефектов. Если же дефекты оказываются непроходимыми, то дополнительно происходит следующее. Блок 12 в соответствии с границей между моделями проходимых и непроходимых дефектов, заданный блоком 13, выдает сигнал на управляющий вход ключевой схемы 14. По этому сигналу она пропускает модель дефекта, сформированную блоком 11, на третий вход блока коррекции траектории 5. Эта модель подобно модели препятствия корректирует траекторию движения робота, а блок управления траекторией 6, воздействуя на механизм рулевого управления 7 так же, как и в случае препятствия, заставляет робот обойти дефект поверхности.

Таким образом, в отличие от прототипа, предлагаемый наземный мобильный робот будет обходить не только препятствия, но и непроходимые дефекты поверхности, причем при встрече с проходимыми, но существенно влияющими на ходовую часть дефектами, скорость движения будет уменьшаться. Это снижает вероятность отказа робота при его движении, то есть, повышает его эксплуатационную надежность, что представляет собой технический результат предложения.

#### Формула полезной модели

Мобильный наземный робот, содержащий корпус с приводом перемещения, блок задания скорости движения робота, блок регулирования скорости движения робота, выход которого связан с приводом перемещения, цифровой блок задания траектории движения робота, цифровой блок коррекции траектории движения робота, первый вход которого соединен с цифровым блоком задания траектории движения робота, цифровой блок управления траекторией движения робота, вход которого соединен с выходом блока коррекции траектории движения робота, механизм рулевого управления, соединенный с выходом блока управления траекторией движения робота, первый сканирующий дальномер, закрепленный горизонтально на корпусе робота, и блок формирования цифровых моделей препятствий движению робота, выступающих над поверхностью движения, вход которого соединен с выходом первого дальномера, а выход связан со вторым входом цифрового блока коррекции траектории движения робота, отличающийся тем, что он снабжен вторым сканирующим дальномером, закрепленным на корпусе робота под углом 25-35° относительно опорной плоскости корпуса, блоком формирования цифровых моделей дефектов поверхности движения робота, вход которого соединен с выходом второго дальномера, блоком обнаружения моделей непроходимых дефектов поверхности движения робота, первый вход которого соединен с выходом блока формирования цифровых моделей дефектов поверхности движения робота, блоком задания границы между моделями

непроходимых и проходимых дефектов, соединенным со вторым входом блока обнаружения моделей непроходимых дефектов поверхности движения робота, ключевой схемой, информационный вход которой соединен с выходом блока формирования цифровых моделей дефектов поверхности движения робота, а управляющий вход связан с выходом блока обнаружения моделей непроходимых дефектов поверхности движения робота, блоком цифроаналогового преобразования, вход которого соединен с выходом блока формирования цифровых моделей дефектов поверхности движения робота, аналоговым блоком деления сигналов, первый вход которого, предназначенный для ввода делимого, соединен с блоком задания скорости движения робота, второй вход, предназначенный для ввода делителя, соединен с выходом блока цифроаналогового преобразования, а выход подключен к входу блока регулирования скорости движения робота, причем блок коррекции траектории движения робота выполнен трехходовым, выход ключевой схемы связан с его третьим входом, а соединение выхода блока цифроаналогового преобразования со вторым входом блока деления выполнено через адаптер.